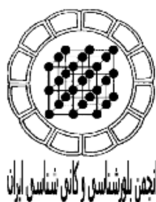
مجله
بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال بیست و ششم، شمارهٔ دوم، تابستان ۹۷، از صفحهٔ ۴۰۹ تا ۴۲۲



زمین‌شناسی، کانه‌زائی، زمین‌شیمی و سنگ‌نگاری دایک‌های مونزودیوریتی در رخداد کانی‌سازی مس حاتم‌آباد، شمال‌شرق قائن

توران رمضانی آب‌بخش، آزاده ملکزاده شفارودی*، محمدحسن کریم‌پور

گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت مقاله: ۹۶/۲/۲، نسخه نهایی: ۹۶/۷/۱۹)

چکیده: منطقه اکتشافی حاتم‌آباد در شمال شرقی قائن، استان خراسان جنوبی و در شمال‌شرق پهنه‌لوت واقع است. زمین‌شناسی منطقه شامل سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب بازالت و آندزیت و توالی‌های رسوبی (گلسنگ، سنگ‌آهک و جوش سنگ) با سن پالئوسن- ائوسن است که دایک‌های مونزودیوریتی در آنها نفوذ کرده‌اند. دایک‌های مونزودیوریتی ماهیت آهکی-قلیایی پتاسیم بالا و متاآلومین دارند و در پهنه فرورانش تشکیل شده‌اند. همه واحدها دستخوش دگرسانی‌های سیلیسی، کربناتی، پروپلیتی و سرسیتی شده‌اند. کانی‌سازی در این منطقه به شکل رگه-رگچه‌ای با روند شمال غربی-جنوب شرقی (NW- SE) و شیب ۷۰ درجه به سمت جنوب غرب و با ضخامت حدود ۴ متر در سنگ میزبان آندزیت و کنگلومرا رخ داده است. ماده معدنی شامل کانی‌های اولیه پیریت و کالکوپیریت و کانی‌های ثانویه مالاکیت، کالکوزیت، کوولیت، آزوریت، هماتیت، گوتیت و بورنیت است که با دگرسانی سیلیسی و کربناتی همراه است. نتایج اکتشافات زمین‌شیمیایی بیانگر ناهنجاری‌های بالایی ازمس (تا ۴٫۱۹ درصد) در رگه است و مقدار عناصر Au، Pb، Zn، Ag، As و Bi پایین است. شواهد کانی‌سازی، کنترل ساختاری، نوع و گسترش دگرسانی‌ها و ناهنجاری‌های زمین-شیمیایی گویای کانی‌سازی نوع فراگرمایی مس است. دایک‌های مونزودیوریتی نقشی در کانی‌سازی نداشته‌اند و توده‌های نفوذی در عمق مسؤول دگرسانی و کانه‌زایی در منطقه حاتم‌آباد هستند

واژه‌های کلیدی: *زمین‌شناسی؛ کانی‌سازی؛ زمین‌شیمی؛ فراگرمایی؛ حاتم‌آباد؛ پهنه‌لوت.*

مقدمه

منطقه حاتم‌آباد در استان خراسان جنوبی و در شمال‌شرقی شهرستان قاین، در شمال روستای حاتم‌آباد واقع است. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی″۲۰ ′۱۸ °۵۹ تا ″۰۰ ′۱۷ °۵۹ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″۱۷ ′۰۱ °۳۴ تا ″۱۶٫۳ ′۰۰ °۳۴ شمالی قرار گرفته و در شمال‌شرقی پهنه‌لوت واقع است (شکل ۱). از مهم‌ترین ویژگی این پهنه و وجه تمایز آن از دیگر بخش‌های خردقاره ایران مرکزی، حجم بالای فعالیت ماگمایی ترشیاری به ویژه سنگ‌های آتشفشانی با ضخامت بیش از ۲۰۰۰ متر است که نیمی از پهنه لوت را پوشانده است. قرار گرفتن در شرایط مختلف زمین‌ساختی در طول زمان و همچنین فعالیت‌های ماگمایی فراوان با ویژگی‌های زمین‌شیمیایی متفاوت در نقاط مختلف، باعث شده است تا پهنه لوت پتانسیل مناسبی برای تشکیل انواع مختلف کانی-سازی از جمله پورفیری، فراگرمایی و انواع مختلف کانی‌سازی رگه‌ای داشته باشد [۱]. از ذخایر رگه‌ای پهنه لوت می‌توان به کانسار سرب-روی سه‌چنگی [۲]، معدن قلعه‌زری [۳]، ذخایر رگه‌ای شمال خور [۴]، کانسار ماهور [۵] و مناطق شوراب، گله‌چاه و چوپان [۶]، رگه‌ای رودگز [۷] و کانسار سرب- روی-مس حوض‌رئیس [۸] اشاره کرد (شکل ۱). براساس سن-سنجی صورت گرفته به روش U-Pb بر کانی زیرکن، سن

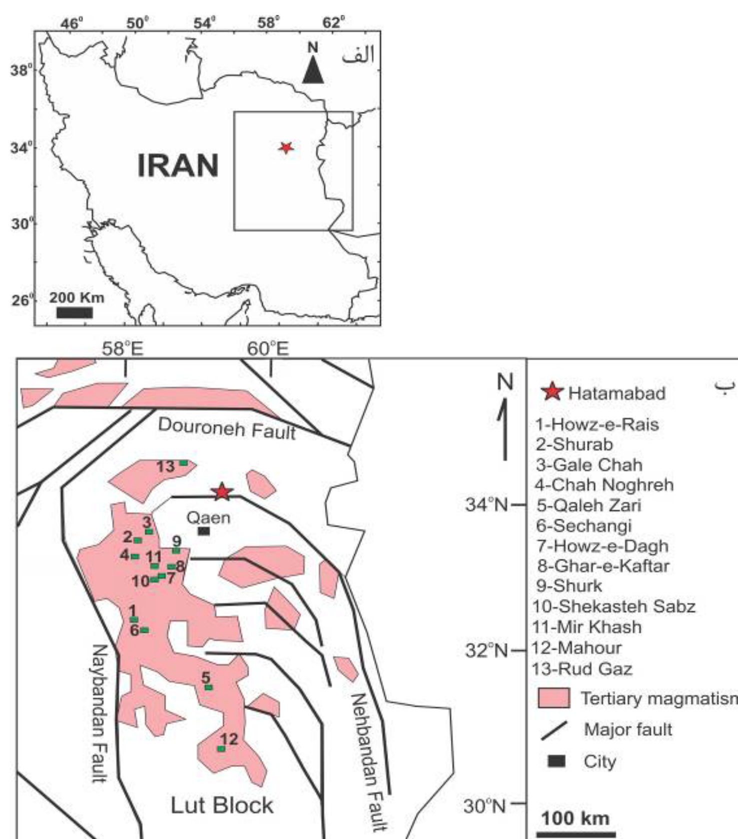
*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۵۱۳۸۸۰۵۴۸۸، نمابر: ۰۵۱۳۸۷۹۶۴۱۶، پست الکترونیکی: shafaroudi@um.ac.ir

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

گرانیتوئیدهای وابسته به کانی‌سازی‌های ترشیاری پهنه‌لوت از ۴۳٫۳ میلیون سال در شمال به ۳۳٫۳ میلیون سال در جنوب کاهش یافته است و مهم‌ترین دوره فلززایی پهنه‌لوت، بین ۴۲ تا ۳۳ میلیون سال پیش (ائوسن میانی تا اوایل الیگوسن) بیان شده است [۹]. منطقه اکتشافی حاتم‌آباد متعلق به شرکت معدنی درکاو است که نمونه‌برداری از منطقه را به منظور بررسی‌های اولیه سنگ‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی انجام و نقشه زمین‌شناسی منطقه را ارائه داده است [۱۰]. هدف از این پژوهش، تصحیح نقشه زمین‌شناسی، تهیه نقشه دگرسانی- کانی‌سازی با مقیاس ۱:۱۰۰۰، بررسی‌های دقیق همبرزایی، بررسی زمین‌شیمی اکتشافی، سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و تعیین موقعیت زمین‌ساختی توده‌های نفوذی منطقه و تعیین ارتباط آنها با کانی‌سازی و در نهایت تعیین مدل کانی‌سازی است.

روش بررسی

بررسی‌های صحرایی- آزمایشگاهی به منظور تصحیح نقشه زمین‌شناسی و تهیه نقشه دگرسانی- کانی‌سازی با استفاده از برداشت اطلاعات صحرایی و نمونه‌برداری از واحدهای سنگی و رگه کانی‌سازی (از سطح و داخل ترانشه‌ها) انجام و نقشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، تهیه شدند. در مجموع، ۹۶ نمونه از منطقه برداشت گردید که از آن میان تعداد ۸۰ مقطع نازک و ۱۲ مقطع نازک‌صیقلی و ۴ قطعه صیقلی تهیه و مطالعه شد. همچنین تعداد ۷ نمونه از دایک‌های مونزودیوریتی کمتر دگرسان شده انتخاب و به روش طیف سنجی فلئورسانس پرتو X (XRF) در آزمایشگاه تجزیه کنندگان آمتیس شرق برای اکسیدهای اصلی و به روش طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) در آزمایشگاه ACME کانادا برای عناصر فرعی و خاکی‌نادر (با روش آماده‌سازی ذوب قلیایی کد LF100) تجزیه شدند. ۷ نمونه خرده‌سنگی نیز از رگه کانی‌سازی برداشت و به روش ICP-MS در آزمایشگاه ACME کانادا برای عناصر مس، سرب، روی، طلا، نقره، آرسنیک و آنتیموان تجزیه شدند که از این میان، ۴ نمونه که دارای مقدار قابل توجهی (بیش از ۱۰۰۰۰ گرم در تن) مس بودند، دوباره به روش جذب اتمی در آزمایشگاه زرآزما تجزیه شدند.

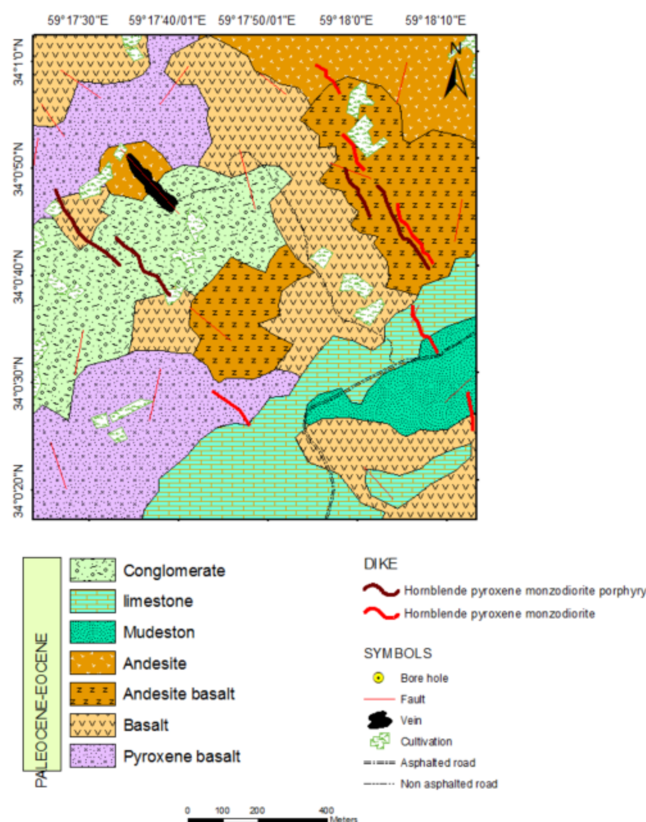


شکل ۱ موقعیت منطقه حاتم‌آباد الف) در شرق ایران و ب) شمال پهنه لوت همراه با موقعیت تعدادی از ذخایر رگه‌ای.

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

زمین‌شناسی

این منطقه در گوشه جنوب شرقی نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ نوده قرار دارد [۱۱]. براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی این پژوهش و سن‌های موجود در نقشه نوده، سن واحدهای منطقه حاتم‌آباد پالئوسن- ائوسن است و سنگ‌های آتشفشانی بخش عمده منطقه را پوشانده‌اند. این واحدهای آتشفشانی شامل پیروکسن‌بازالت، بازالت، آندزیت- بازالت و آندزیت است (شکل ۲). واحد پیروکسن بازالت در شمال غرب و جنوب غرب منطقه گسترش یافته و مکان نگاری آن به صورت نسبتاً هموار و تپه ماهوری با رنگ سبز تیره تا سیاه است. بافت سنگ پورفیری است و کانی‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن در نمونه دستی قابل تشخیص است. حفره‌ها توسط سیلیس ثانویه و کربنات پرشده‌اند. واحد بازالتی، در مرکز، شمال غرب و جنوب شرق منطقه رخنمون یافته است (شکل ۲) و تفاوت آن در نمونه‌دستی با واحد قبلی، نبود کانی پیروکسن است. واحد آندزیت- بازالت با ضخامت کمتر در مرکز و شمال‌شرقی منطقه دیده می‌شود. این واحد با رنگ خاکستری تیره تا سیاه و با مکان نگاری نیمه کوهستانی در این منطقه رخنمون یافته است. بافت آن پورفیری بوده و پلاژیوکلاز تنها کانی قابل تشخیص در نمونه دستی است. حفره‌های این واحد نیز با کربنات و سیلیس ثانویه پرشده است. واحد آندزیتی میزبان بخشی از رگه کانی‌سازی در شمال غربی منطقه است ولی در بخش شمال‌شرقی منطقه گسترش قابل توجهی دارد (شکل ۲). این واحد به رنگ خاکستری تیره تا روشن و با مکان نگاری نیمه کوهستانی دیده می‌شود. این واحد دارای بافت پورفیری است و تنها، کانی پلاژیوکلاز در نمونه دستی قابل تشخیص است. حفره‌های موجود در آن همانند دیگر واحدهای آتشفشانی، با کربنات و سیلیس ثانویه پرشده است. واحد رسوبی گلسنگ در جنوب‌شرقی منطقه دارای رنگ قرمز است که بدلیل وجود اکسیدآهن فراوان در آن است. این واحد به صورت لایه‌ای همراه با سنگ آهک رخنمون پیدا کرده است.



شکل۲ نقشه زمین‌شناسی-کانی‌سازی منطقه اکتشافی مس حاتم‌آباد.

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

بافت گلی و وجود خرده‌های اسکلتی از ویژگی‌های آن است. واحد سنگ آهک نیز در جنوب‌شرقی منطقه گسترش یافته و سیلیسی شده است. واحد کنگلومرا با روند شمال شرقی- جنوب غربی در غرب منطقه حاتم‌آباد دیده می‌شود (شکل ۲). در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نوده، سن این واحد کرتاسه معرفی شده است، اما بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که جنس قطعات کنگلومرا از واحدهای آتشفشانی موجود در منطقه است و بنابراین باید جوانتر از سنگ‌های آتشفشانی پالئوسن- ائوسن باشد. همچنین بخشی از رگه کانی‌سازی منطقه در این واحد قرار دارد. قطعات کنگلومرا شامل بازالت، تراکیت، آندزیت، تراکی- آندزیت در سیمانی از جنس کربنات است. اندازه قطعات از ۱ میلیمتر تا ۱۵ سانتیمتر متغیر است. دایک‌های مونزودیوریتی با ترکیب هورنبلند- پیروکسن مونزودیوریت و هورنبلند- پیروکسن مونزودیوریت پورفیری با روند شمالی- جنوبی و جنوب شرق- شمال غرب در این منطقه شناسایی شده است که در واحدهای آتشفشانی و توالی‌های رسوبی پالئوسن- ائوسن نفوذ کرده‌اند (شکل ۲). تفکیک این دو دسته دایک براساس نوع کانی‌شناسی و تفاوت بافتی (پورفیری در مقابل دانه‌ای) صورت گرفته است. اگرچه رخنمون‌هایی از این دایک‌ها در نزدیکی رگه کانی‌سازی منطقه وجود دارد، اما آثار کانی‌سازی در آنها دیده نشده است و خود دچار دگرسانی پروپلیتی شده‌اند.

سنگ‌شناسی واحدهای آذرین

واحدهای آذرین رخنمون یافته در منطقه شامل پیروکسن بازالت، بازالت، آندزیت- بازالت، آندزیت و دایک‌های نفوذی با ترکیب هورنبلند- پیروکسن مونزودیوریت پورفیری و هورنبلند- پیروکسن مونزودیوریت با سن پالئوسن- ائوسن هستند. دایک‌ها با توجه به نفوذشان در واحدهای آذرین، نسبت به واحدهای آذرین جوانتر هستند.

پیروکسن بازالت: دارای بافت پورفیری، گلومروپورفیری و بادامی با درصد درشت بلور بین ۲۵ تا ۲۸ درصد است. درشت بلورها شامل پلاژیوکلاز (نوع بایتونیت، ۱۷- ۱۸درصد) و اوژیت (۷-۱۰ درصد) است. زمینه سنگ بیشتر از پلاژیوکلاز و اکسیدآهن تشکیل شده و دارای کانی فرعی آپاتیت و حدود ۱ درصد کانی کدر است. کانی ثانویه شامل کلریت، کلسیت و کوارتز است. این واحد دستخوش دگرسانی پروپلیتی شدید و کربناتی- سیلیسی شدید در بیشتر مناطق شده است. پلاژیوکلاز و پیروکسن بیشتر به کلریت تبدیل شده و کلسیت و کوارتز ثانویه حفره‌های موجود در آن را پر کرده است (شکل ۳ الف).

بازالت: دارای بافت پورفیری، گلومروپورفیری و بادامی با حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد درشت بلور پلاژیوکلاز (بایتونیت) است. زمینه آن از بلورهای کشیده پلاژیوکلاز تشکیل شده و فاقد کانی فرعی است. فراوانی کانی کدر کمتر از ۰/۱ درصد است. این واحد دچار دگرسانی کربناتی- سیلیسی شدید تا متوسط شده است، به طوریکه حفره‌ها با کربنات و کوارتز نهان بلور پر شده‌اند و در برخی نقاط نیز پلاژیوکلاز به کلریت دگرسان شده است (شکل ۳ ب).

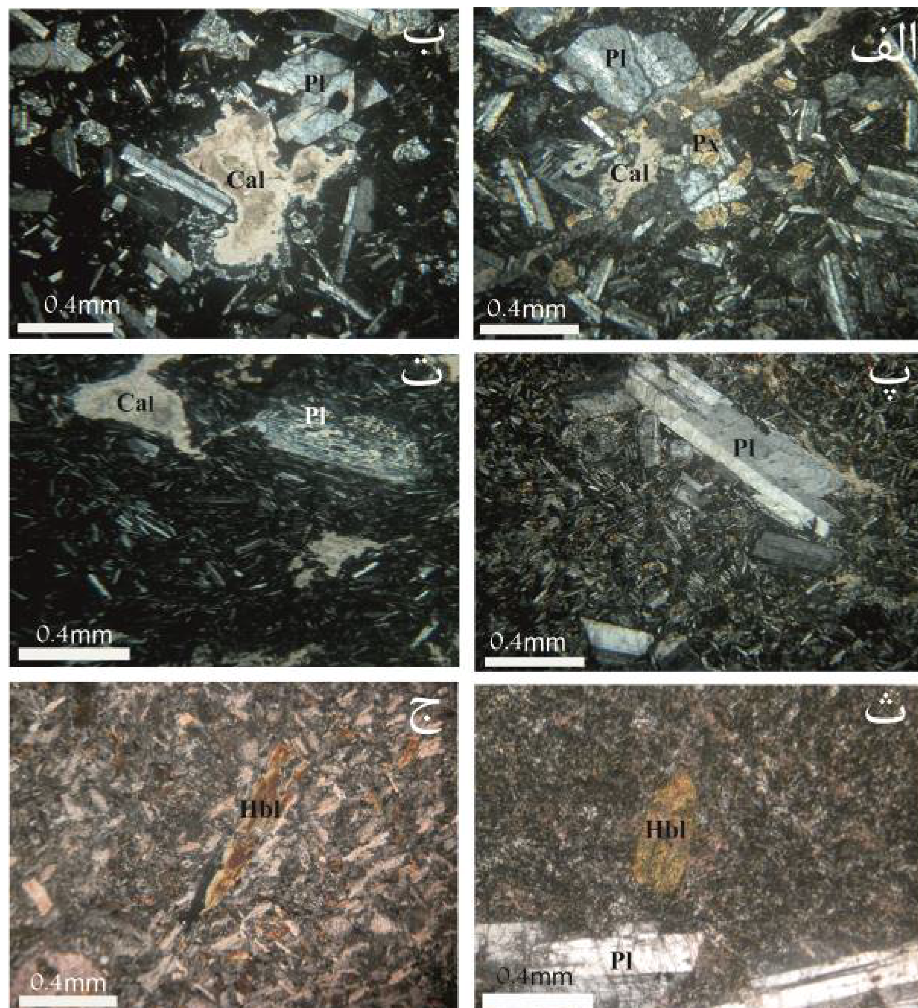
آندزیت- بازالت: دارای بافت پورفیری و گلومروپورفیری است. حدود ۱۷ تا ۱۸درصد درشت بلور در آن دیده می‌شود که شامل پلاژیوکلاز (۱۰-۱۲درصد) و کانی مافیک دگرسان شده (۳-۶ درصد) است. زمینه آن بیشتر از بلورهای پلاژیوکلاز تشکیل شده است. این سنگ دارای کانی فرعی آپاتیت است و ۰/۵ درصد کانی کدر دارد. کانی‌های ثانویه سرسیت، کلسیت و کوارتز ثانویه در این واحد دیده می‌شود. این واحد دستخوش دگرسانی سرسیتی شده است که در آن به طور متوسط ۲۵ درصد پلاژیوکلاز به سرسیت دگرسان شده است. همچنین دگرسانی کربناتی- سیلیسی نیز در برخی نقاط دیده می‌شود که در آن ۵ تا ۱۰ درصد پلاژیوکلاز به کلسیت دگرسان شده است و حفره‌های آن با کربنات و کوارتز ثانویه پرشده است (شکل ۳ پ).

آندزیت: دارای بافت پورفیری با زمینه دانه‌ریز تا دانه‌متوسط است. درشت بلورها شامل پلاژیوکلاز (نوع آندزین، حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد)، پیروکسن (۱-۲ درصد) و الیوین (۲-۳ درصد) هستند. این واحد فاقد کانی فرعی بوده و کانی کدر دارای فراوانی کمتر از ۰/۵ درصد است. کانی ثانویه آن کلسیت و کوارتز است. این واحد دستخوش دگرسانی کربناتی- سیلیسی شدید تا متوسط شده است و حفره‌ها با کربنات و سیلیس پرشده‌اند (شکل ۳ ت).

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

هورنبلند- پیروکسن مونزودیوریت پورفیری: دارای بافت پورفیری و گلومروپورفیری با زمینه دانه‌ریز است. درشت بلورها شامل پلاژیوکلاز (نوع آندزین، ۲۰-۳۵ درصد)، فلدسپار قلیایی (۴ - ۵ درصد)، پیروکسن (نوع اوژیت، حدود ۵-۱۰ درصد) و هورنبلند (۳-۴ درصد) است. این واحد فاقد کانی فرعی بوده و فراوانی کانی کدر حدود ۲ درصد است. کانی‌های ثانویه این واحد سرسیت، کلریت و اکسیدآهن است. این واحد دچار دگرسانی پروپلیتی شدید شده که در آن ۱۰-۱۵ درصد پلاژیوکلاز به سرسیت و ۵-۷ درصد آن به کلریت دگرسان شده است. پیروکسن‌ها نیز به اکسیدآهن و کلریت (۱۵-۳۰ درصد) و هورنبلند نیز به کلریت (۵۰-۶۰ درصد) تبدیل شده است (شکل ۳ ث).

هورنبلند- پیروکسن مونزودیوریت: دارای بافت نیمه خودریخت ریزدانه‌ای است. کانی‌های آن شامل پلاژیوکلاز (نوع آندزین، ۶۵ تا ۷۰ درصد)، فلدسپار قلیایی (۱۰ تا ۱۲ درصد)، پیروکسن (نوع اوژیت، حدود ۷ تا ۱۰ درصد) و هورنبلند (۷-۸ درصد) است. این واحد کانی فرعی اسفن نیز دارد. فراوانی کانی کدر حدود ۲ درصد است. کانی‌های ثانویه کلریت، اپیدوت، کانی‌رسی و سرسیت در آن دیده می‌شود. این واحد نفوذی دستخوش دگرسانی پروپلیتی شدید شده است که فلدسپارها حدود ۱۰-۱۵ درصد به کانی رسی و سرسیت و پیروکسن و هورنبلند حدود ۲۰-۳۰ درصد به کلریت و کمتر اپیدوت تبدیل شده‌اند (شکل ۳ ج).



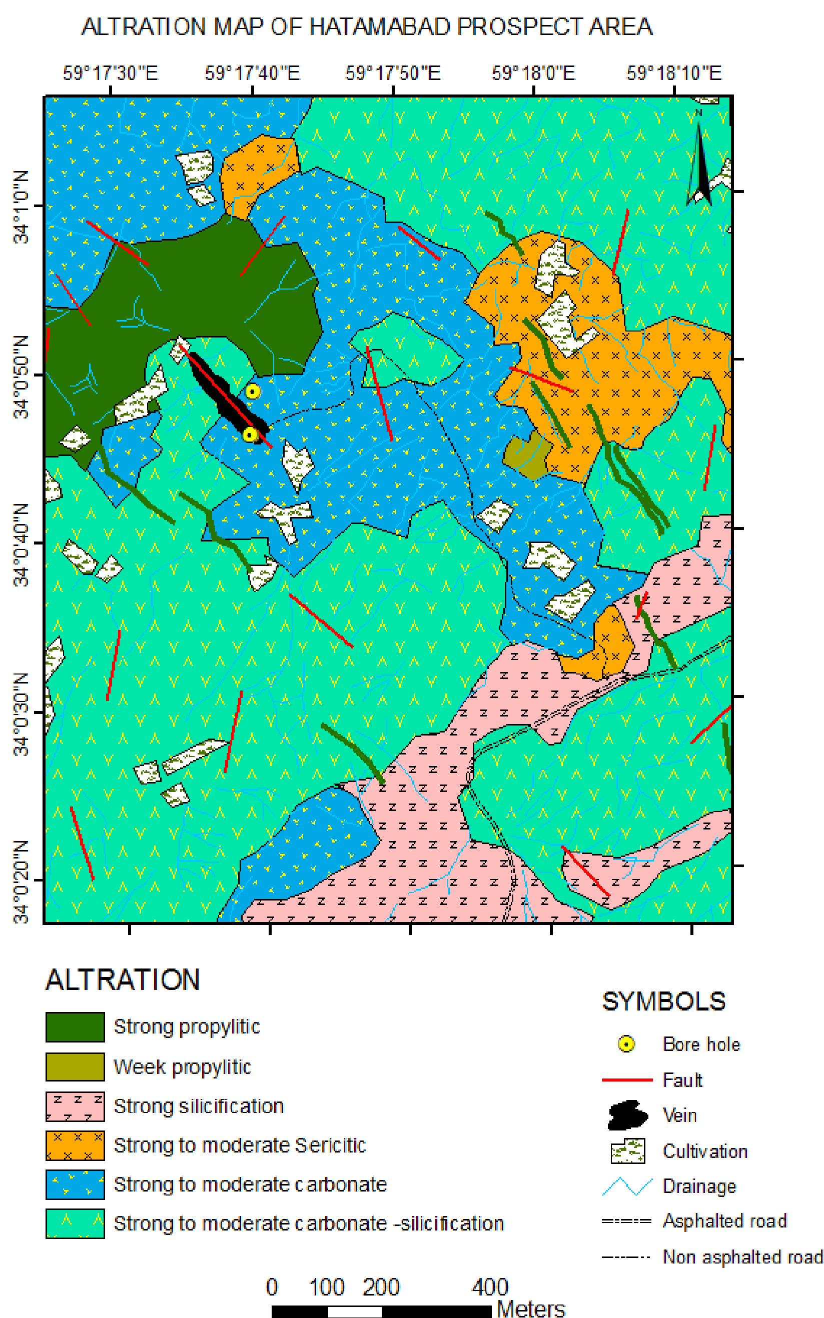
شکل۳ تصاویر میکروسکوپی از مقاطع نازک واحدهای آذرین (نورXPL): الف) پیروکسن‌بازالت ب) بازالت پ) آندزیت‌بازالت ت) آندزیت و دایک‌های نفوذی ث) هورنبلندپیروکسن‌مونزودیوریت‌پورفیری ج) هورنبلندپیروکسن‌مونزودیوریت در منطقه حاتم‌آباد. Pl: پلاژیوکلاز، Px: پیروکسن، Hbl: هورنبلند و Cal: کلسیت [۱۲].

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

دگرسانی

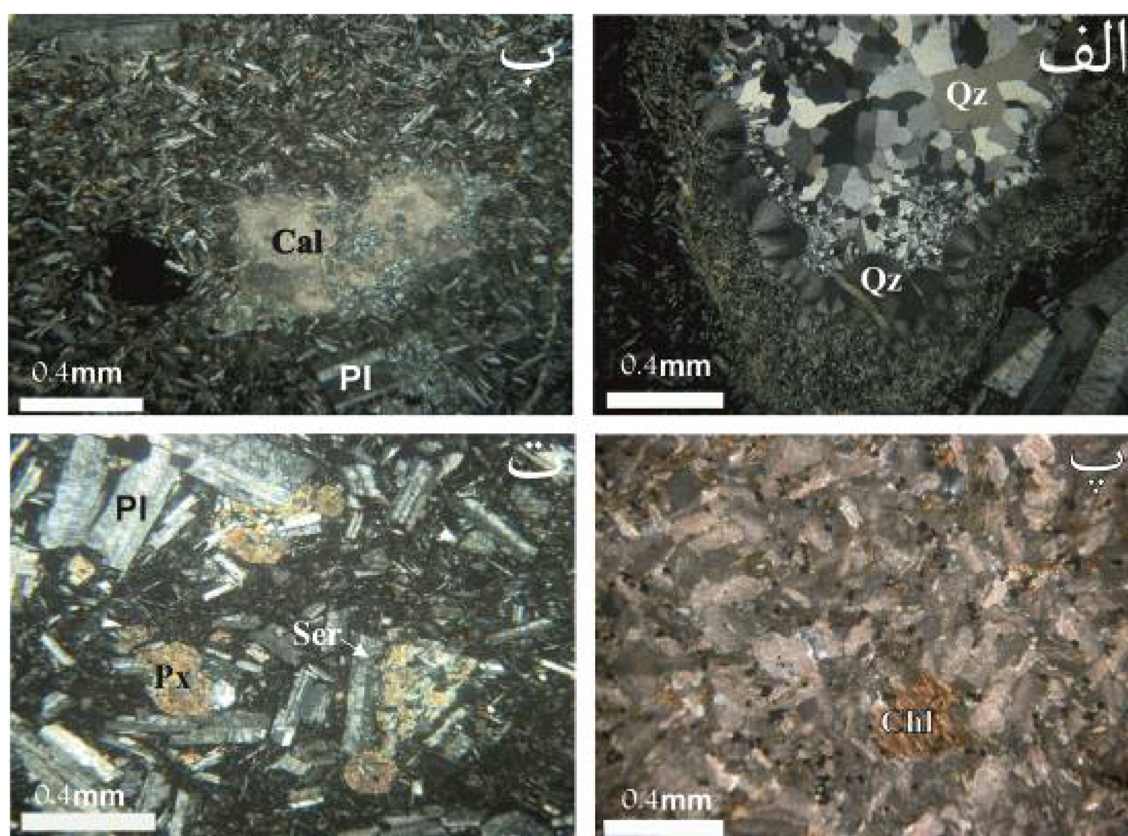
براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی، همه واحدهای منطقه در اثر محلول‌های گرمابی دگرسان شده‌اند. چهار نوع دگرسانی اصلی در منطقه شناسایی شد که شامل سیلیسی، کربناتی، پروپلیتی و سرسیتی است که به شش زیر مجموعه تقسیم شده‌اند (شکل ۴).

دگرسانی سیلیسی: تقریباً همه واحدهای منطقه دستخوش این دگرسانی شده‌اند (شکل ۴). کوارتز نهان بلور مهمترین کانی ثانویه این پهنه است که بیشتر به شکل پرکننده حفره‌ها دیده می‌شود. مقدار این کانی بین ۲۰ تا ۲۵ درصد از حجم سنگ متغیر است (شکل ۵ الف). این دگرسانی در اطراف رگه کانی‌سازی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است و بر واحد کنگلومرایی اثر گذاشته است (شکل ۵ الف).



شکل ۴ نقشه دگرسانی- کانی‌سازی منطقه اکتشافی مس حاتم‌آباد.

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]



شکل ۵ تصاویر میکروسکوپی از دگرسانی‌های منطقه اکتشافی مس حاتم‌آباد در نور (XPL). الف) دگرسانی سیلیسی که حفره‌های موجود در واحد پیروکسن بازالت توسط سیلیس کریپتوکریستالین پر شده است، ب) دگرسانی کربناتی که به شکل پرکننده حفره‌ها در آندزیت بازالت دیده می‌شود. پ) دگرسانی پروپلیتی واحد پیروکسن - هورنبلند مونزودیوریت که پلاژیوکلاز و کانی‌های مافیک به کلریت دگرسان شده‌اند، ت) دگرسانی سرسیتی با تبدیل پلاژیوکلاز به سرسیت (Pl: پلاژیوکلاز، Px: پیروکسن، Qz: کوارتز، Chl: کلریت، Ser: سرسیت و Cal: کلسیت[۱۲]).

دگرسانی کربناتی: این دگرسانی نیز تقریباً در همه واحدهای منطقه کم و بیش دیده می‌شود و از گسترش قابل توجهی برخوردار است (شکل ۴). کلسیت مهمترین کانی ثانویه این پهنه است که به شکل‌های رگچه‌ای، جانشینی و پرکننده حفره‌ها دیده می‌شود. بخش زیادی از این کانی به شکل پرکننده حفره‌ها و با مقدار ۲۰ تا ۲۵ درصد در سنگ‌های اتشفشانی مشاهده می‌شود. پلاژیوکلازها بیشتر در حد ۱۰ تا ۱۵ درصد به کلسیت دگرسان شده‌اند. رگچه‌های کلسیت با ضخامت ۰/۱ تا ۰/۳ میلیمتر نیز در واحدهای آندزیت و بازالت دیده می‌شود (شکل ۵ ب). کربناتی‌شدن رگه نیز کانی‌سازی را همراهی می‌کند (شکل ۵ ب).

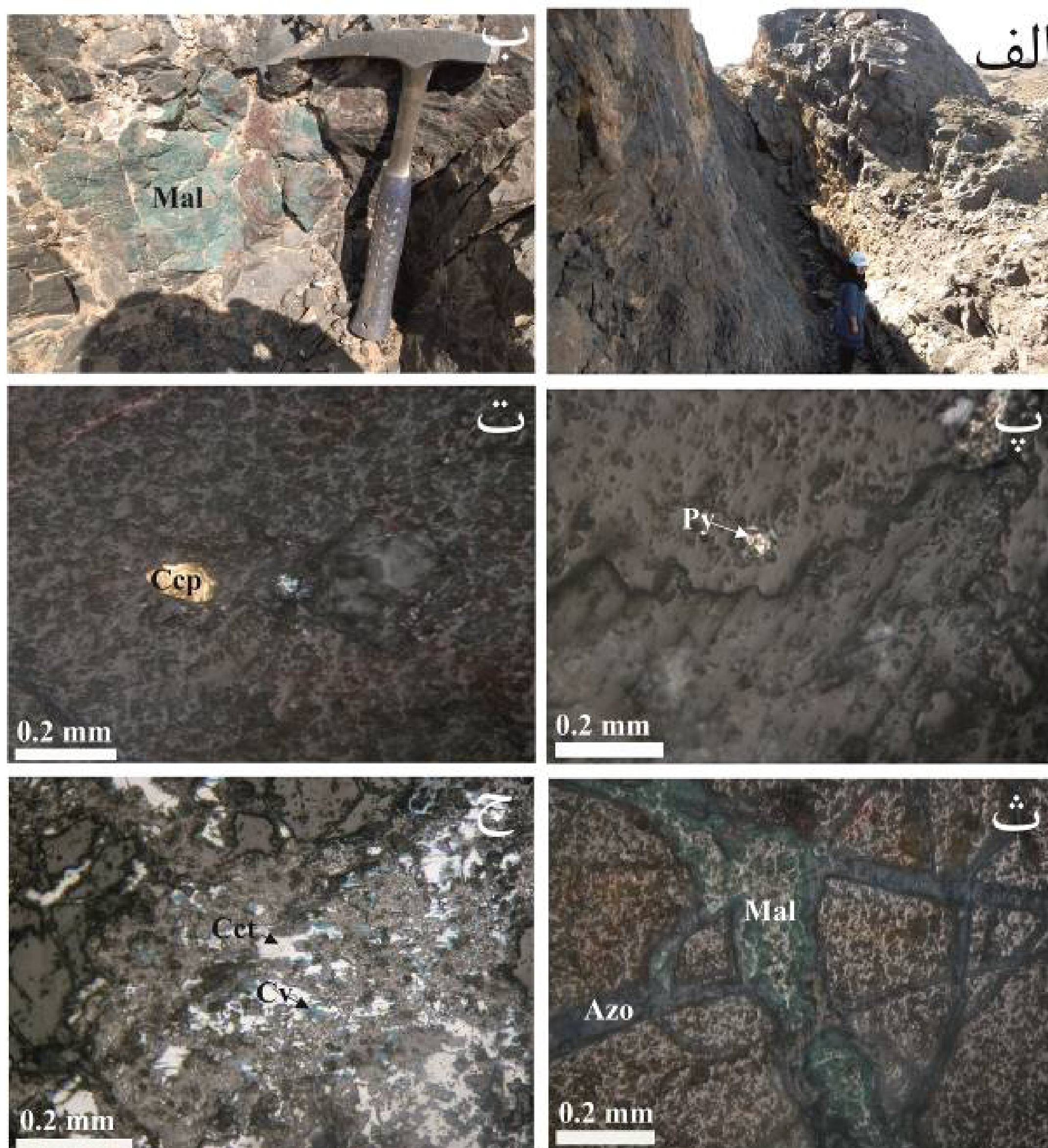
دگرسانی پروپلیتی: این دگرسانی واحد پیروکسن بازالت در شمال‌غرب منطقه و دایک‌های مونزودیوریتی را تحت تاثیر قرار داده است (شکل ۴). کانی‌شناسی آن شامل کلریت و کمتر اپیدوت است که به صورت جانشینی دیده می‌شوند. مقدار کلریت بین ۱۰ درصد در شدت‌های پایین‌تر تا ۴۰ درصد در شدت‌های بالاتر متغیر است. ۱۰ تا ۱۲ درصد پلاژیوکلازها و ۵ تا گاهی ۱۰۰ درصد کانی‌های مافیک به کلریت تبدیل شده است. اپیدوت بیشتر در دایک‌های مونزودیوریتی و به شکل جانشینی در پلاژیوکلاز یا کانی‌های مافیک دیده می‌شود و بیشینه مقدار آن ۵ درصد است (شکل ۵ پ).

دگرسانی سرسیتی شدید تا متوسط: این دگرسانی بخشی از واحد آندزیت- بازالت در شمال شرقی منطقه و بخش بسیار کوچکی از واحد پیروکسن بازالت را در قسمت شمالی منطقه، تحت تاثیر قرار داده است (شکل ۴). در واحد آندزیت- بازالت، ۲۵ تا ۳۰ درصد سرسیت به صورت جانشینی در پلاژیوکلاز وجود دارد. در پیروکسن بازالت نیز ۸ تا ۱۰ درصد سرسیت همراه با ۱ تا ۴ درصد کانی رسی و ۲ تا ۵ درصد کلسیت به شکل جانشین شده در پلاژیوکلاز دیده می‌شود (شکل ۵ ت).

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

کانی‌سازی و زمین‌شیمی

کانی سازی در منطقه حاتم‌آباد به شکل رگه‌ای در راستای گسلی با امتداد NW- SE و شیب ۷۰ درجه به سمت جنوب غرب، در شمال غربی منطقه رخ داده است (شکل‌های ۲، ۴ و ۶ الف). ضخامت اصلی رگه به دلیل فعالیت‌های معدنکاری مشخص نیست و گمان می‌رود حدود ۴ متر باشد. طول رگه حدود ۴۰ متر است. سنگ میزبان آن واحد آندزیتی و کنگلومرایی است. واحد آندزیتی در اطراف رگه دستخوش دگرسانی کربناتی– سیلیسی شدید تا متوسط و واحد کنگلومرایی دچار دگرسانی کربناتی شدید تا متوسط، شده است. کانی‌های اولیه مشاهده شده شامل پیریت و کالکوپیریت و کانی‌های ثانویه شامل مالاکیت، کالکوزیت، کوولیت، آزوریت، هماتیت، گوتیت و بورنیت است. بخش عمده کانی‌سازی از کانی‌های ثانویه به ویژه مالاکیت تشکیل شده که به شکل پراکنده و رگه- رگچه‌ای دیده می‌شوند (شکل ۶ ب).



شکل ۶ تصاویری از رخداد کانی‌سازی در منطقه اکتشافی مس حاتم‌آباد. الف) نمایی از رگه کانی‌سازی در سطح زمین، جهت دید به سمت شرق، ب) رگچه‌های مالاکیت به همراه اکسیدآهن، پ)کانی اولیه پیریت بصورت پراکنده در متن سنگ، ت)کانی کالکوپیریت، ث) رگچه‌های مالاکیت و کانی کالکوزیت ج) کانی کالکوزیت همراه با دانه‌های ریز کوولیت بصورت پراکنده در متن سنگ، (Cct: کالکوزیت. Cpy: کالکوپیریت. Cv: کوولیت. Py: پیریت و Mlc: مالاکیت [۱۲]).

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

پیریت: این کانی به صورت شکلدار و پراکنده با بیشینه فراوانی ۲ درصد دیده شد. اندازه آن بطور متوسط ۰/۱ تا ۰/۲ میلیمتر است. بخش عمده پیریت‌ها به گوتیت و هماتیت تبدیل شده است (شکل ۶ پ).

کالکوپیریت: این کانی در نمونه‌های سطح مشاهده نشد، اما در حفاری صورت گرفته در عمق ۱۸ متری به صورت بی‌شکل و پراکنده با اندازه متوسط ۰/۲ تا ۲ میلیمتر و با فراوانی ۱-۲ درصد دیده شد (شکل ۶ ت).

مالاکیت و آزوریت: مالاکیت فراوانترین کانی مشاهده شده در رگه حاتم‌آباد است که به شکل‌های پراکنده و رگه-رگچه‌ای دیده می‌شود. مقدار این کانی تا ۳۰ درصد می‌رسد. رگه و رگچه‌های مالاکیتی به صورت متقاطع و با ضخامت متوسط ۲ میلیمتر تا ۱۸ سانتی‌متر وجود دارند. گاهی آزوریت با فراوانی ۱۳ تا ۱۵ درصد در این رگه- رگچه‌ها دیده می‌شود (شکل ۶ ث).

کالکوزیت: این کانی با فراوانی ۱ تا ۴ درصد و بصورت رگچه‌ای دیده شد. رگچه‌های کالکوزیت دارای ضخامت متوسط ۰/۱ تا ۳ میلیمتر هستند و اغلب همراه با آنها کوولیت و کمی بورنیت نیز در رگچه وجود دارد. به نظر می‌رسد که این کانی‌ها فراورده تبدیل رگچه‌های کالکوپیریت اولیه هستند (شکل ۶ ج).

کوولیت و بورنیت: کوولیت در حد ۰/۵ تا یک درصد و بیشتر همراه با کالکوزیت در رگچه‌ها دیده می‌شود. بورنیت گاهی به صورت پراکنده و بیشینه مقدار ۰/۵ درصد در رگچه‌های کالکوزیت حضور دارد.

هماتیت و گوتیت: این دو کانی نتیجه اکسایش سولفیدها بویژه پیریت هستند که به شکل پراکنده و رگچه‌ای همراه با کوارتز ریزدانه دیده می‌شوند. مقدار هماتیت ۳ تا ۴ درصد و گوتیت تا ۲ درصد است.

نتایج تجزیه ژئوشیمیایی خرده‌سنگی (عناصر مهم معدنی) از رخداد کانی‌سازی رگه‌ای حاتم آباد در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به نتایج، تنها عنصر مس دارای مقدار قابل توجهی است که از ۳۵ تا ۴۱۹۶۶ گرم در تن متغیر است. این مقدار مربوط به کانی‌های ثانویه مس بویژه مالاکیت است. مقدار عنصر سرب از ۲ تا ۹ گرم در تن، روی از ۱۴ تا ۱۰۰ گرم در تن، طلا از ۰/۵ تا ۲ میلی‌گرم در تن، نقره از ۰/۱ تا ۹ گرم در تن، آرسنیک از ۶ تا ۲۰۰ گرم در تن و آنتیموان از ۰/۱ تا ۰/۸ گرم در تن متغیر است (جدول ۱). با توجه به نتایج تجزیه زمین‌شیمیایی، مقدار این عناصر به نسبت ناچیز است. این نتایج با مشاهدات صحرایی و آزمایشگاهی نیز همخوانی دارد، زیرا کانی اولیه یا ثانویه از سرب، روی، آرسنیک، آنتیموان و نقره دیده نشده است.

سنگ‌شناسی و خاستگاه دایک‌های مونزودیوریتی

از آنجاکه سنگ‌های آتشفشانی موجود در منطقه به شدت دستخوش دگرسانی‌های مختلف از جمله سیلیسی، کربناتی، پروپلیتی و سرسیتی شده‌اند، امکان انتخاب نمونه مناسب برای بررسی سنگ‌شناسی از آنها وجود نداشت. لذا تنها دایک‌های مونزودیوریتی موجود در منطقه بررسی شدند که نتایج تجزیه توده‌های نفوذی منطقه حاتم‌آباد به روش XRF برای اکسیدهای اصلی و ICP-MS برای عناصر فرعی و خاکی نادر در جدول۲ ارائه شده است.

جدول ۱ نتایج تجزیه‌ی زمین‌شیمیایی برخی عناصر مهم به روش ICP-MS و جذب اتمی در نمونه‌های خرده سنگی برداشت شده از رگه کانی-سازی حاتم‌آباد (همه عناصر بر حسب گرم در تن، Au برحسب میلی‌گرم در تن).

عناصر / شماره نمونه	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	As	Sb
C-1	۱۹۷۴۰	۴	۳۰	۲	۲	۲۲	۰/۱
C-2	۳۲۵۶۴	۵	۳۶	۲	۳	۴۴	۰/۱
C-3	۲۶۵۳۰	۵	۱۰۰	۰/۵	۲	۱۸	۰/۱
C-9	۴۱۹۶۶	۸	۴۴	۰/۵	۹	۶	۰/۱
C-10	۳۵۴	۶	۱۴	۰/۵	۰/۴	۲۰۰	۰/۱
C-11	۴۱۴۳	۲	۷۹	۰/۵	۰/۱	۶	۰/۸
C-12	۳۵	۹	۶۷	۰/۶	۰/۱	۹	۰/۱

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

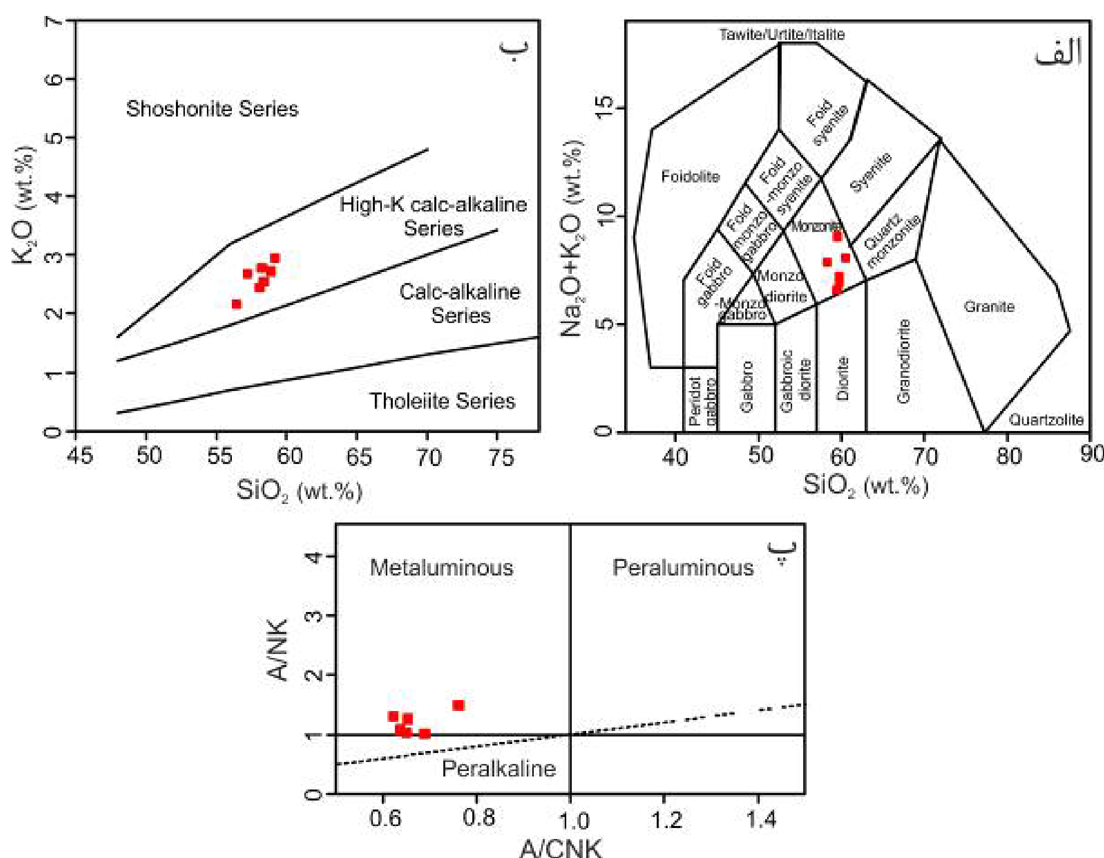
جدول۲ نتایج تجزیه عناصر اصلی، فرعی و خاکی نادر دایک‌های مونزودیوریتی منطقه حاتم‌آباد (اکسیدهای اصلی بر حسب درصد و عناصر فرعی و خاکی نادر برحسب گرم در تن)

شماره نمونه / عناصر	P25	P28	P61-2	P79	P61-4	P33	P15
X	۵۹ °۱۸ ′ ۴″	۵۹ °۱۸ ′ ۱″	۵۹ °۱۷ ′ ۲۹″	۵۹ °۱۸ ′ ۱۲″	۵۹ °۱۷ ′ ۳۵″	۵۹ °۱۸ ′ ۱″	۵۹ °۱۸ ′ ۹″
Y	۳۴ °۰ ′ ۴۷″	۳۴ °۰ ′ ۴۷″	۳۴ °۰ ′ ۴۴″	۳۴ °۰ ′ ۲۸″	۳۴ °۰ ′ ۴۲″	۳۴ °۰ ′ ۵۰″	۳۴ °۰ ′ ۳۱″
SiO_2	۵۸٫۷	۵۸٫۹۷	۵۸٫۱	۵۸٫۲۳	۵۶٫۴۲	۵۷٫۱۳	۵۷٫۹۷
TiO_2	۱٫۵۷	۲٫۴۱	۱٫۱۴	۲٫۳۸	۱٫۱۲	۰٫۹۴	۲٫۳۲
Al_2O_3	۱۲٫۷۱	۱۱٫۹۴	۱۲٫۴۶	۱۱٫۷۳	۱۲٫۸۸	۱۲٫۸۴	۱۲٫۹۵
FeO_t	۷٫۱۲	۸٫۰۲	۷٫۷	۸٫۲۳	۷٫۴۹	۷٫۲۳	۸٫۱۶
MnO	۰٫۱۲	۰٫۱	۰٫۱۵	۰٫۱۲	۰٫۱۵	۰٫۱۲	۰٫۱۲
MgO	۴٫۸۶	۳٫۱۶	۴٫۸۶	۴٫۵۴	۵٫۲۸	۵٫۶۷	۴٫۲۹
CaO	۵٫۶۹	۴٫۱۵	۳٫۹	۴٫۶۶	۴٫۲۱	۳٫۳۸	۴٫۵۹
Na_2O	۴٫۴	۴٫۹۷	۵٫۶۴	۴٫۲۳	۶	۶٫۰۵	۳٫۹۹
K_2O	۲٫۶۸	۲٫۸۹	۲٫۷۳	۲٫۵۱	۲٫۱۶	۲٫۶۴	۲٫۴۲
P_2O_5	۰٫۴۴	۰٫۷۳	۰٫۳۵	۰٫۸۴	۰٫۳	۰٫۳	۰٫۷۴
L.O.I	۲٫۰۲	۱٫۹۸	۲٫۸۱	۲٫۳۴	۳٫۷۵	۳٫۵۳	۲٫۲۳
Total	۹۹٫۷۸	۹۹٫۷۷	۹۴٫۹۸	۹۹٫۸۱	۹۸٫۷۶	۹۹٫۸۳	۹۹٫۸۳
Ba	۳۳۱	۳۴۲	۳۴۹	۲۹۸	۳۶۶	۳۴۱	۳۲۱
Co	۱۹٫۶	۱۸٫۴	۱۵٫۹	۱۷٫۹	۱۷٫۴	۱۴	۱۸
Cs	۳٫۲	۱٫۴	۱٫۱	۰٫۴	۰٫۸	۰٫۷	۰٫۵
Ga	۱۷٫۱	۱۷٫۷	۱۸٫۱	۱۸٫۱	۱۷٫۵	۱۷٫۹	۱۷٫۹
Hf	۶٫۳	۱۰٫۲	۵٫۲	۱۰٫۵	۵٫۱	۴٫۵	۱۰٫۶
Nb	۱۴٫۱	۲۴٫۵	۱۱٫۱	۲۴٫۵	۱۰٫۶	۱۰٫۳	۲۴٫۳
Rb	۷۱٫۱	۹۸٫۲	۵۹٫۹	۶۸٫۴	۵۰٫۲	۶۱	۷۱٫۱
Sr	۵۸۴٫۸	۴۳۲٫۲	۳۴۵٫۱	۴۲۴٫۵	۳۵۱٫۱	۴۹۵٫۶	۵۰۵٫۴
Ta	۱٫۱	۱٫۷	۰٫۷	۱٫۶	۰٫۷	۰٫۷	۱٫۷
Th	۷٫۵	۱۳٫۴	۵٫۸	۱۳٫۵	۵٫۶	۴٫۳	۱۳٫۱
V	۱۴۳	۱۸۹	۱۲۵	۱۸۱	۱۱۶	۱۰۸	۱۸۸
Zr	۲۶۳٫۹	۴۵۶٫۸	۲۲۱٫۹	۴۶۴٫۳	۲۱۹٫۷	۱۹۶٫۸	۴۶۴٫۶
Y	۲۲٫۱	۳۵٫۳	۲۰٫۸	۳۶٫۳	۲۱٫۱	۱۷٫۳	۳۵٫۵
La	۳٫۵	۷۴٫۴	۲۵٫۵	۴۸	۲۵٫۸	۲۳٫۴	۴۷٫۷
Ce	۶۶٫۴	۱۰۳٫۷	۵۳٫۸	۱۰۴٫۸	۵۱٫۹	۵۰٫۱	۱۰۲
Pr	۸٫۰۲	۱۲٫۱۷	۶٫۲۵	۱۲٫۲۸	۶٫۰۲	۵٫۸۱	۱۲٫۳
Nd	۳۱٫۲	۴۶٫۶	۲۴٫۲	۴۷٫۸	۲۴	۲۳	۴۷٫۵
Sm	۶٫۲	۸٫۷۵	۴٫۹۵	۲٫۲۴	۴٫۷	۴٫۵۳	۹٫۱۵
Eu	۱٫۶۳	۲٫۰۷	۱٫۴	۲٫۰۸	۱٫۴۲	۱٫۴	۲٫۱
Gd	۵٫۳۸	۷٫۹۳	۴٫۶۸	۸٫۲۵	۴٫۶۴	۴٫۱۵	۸٫۵
Tb	۰٫۷۵	۱٫۱۲	۰٫۶۹	۱٫۱۴	۰٫۶۶	۰٫۵۹	۱٫۱۹
Dy	۴٫۱۵	۷٫۱۵	۴٫۱	۶٫۸۷	۴٫۱۱	۳٫۶۳	۷٫۱۷
Ho	۰٫۷۹	۱٫۲۴	۰٫۷۶	۱٫۲۳	۰٫۷۵	۰٫۶۷	۱٫۲۷
Er	۲٫۲۷	۳٫۷۱	۲٫۰۹	۳٫۳۹	۲٫۰۹	۱٫۸۹	۳٫۶۳
Tm	۰٫۳۲	۰٫۴۹	۰٫۳	۰٫۵۱	۰٫۳	۰٫۲۷	۰٫۴۹
Yb	۲٫۰۶	۳٫۰۶	۲٫۰۷	۳٫۱۱	۱٫۹۶	۱٫۷۸	۳٫۲۱
Lu	۰٫۲۸	۰٫۴۷	۰٫۳۲	۰٫۴۶	۰٫۳	۰٫۲۸	۰٫۴۸
Eu/Eu*	۰٫۸۶	۷۶	۰٫۸۹	۰٫۷۳	۰٫۹۳	۰٫۹۹	۰٫۷۳
(La/Yb)N	۹٫۹۸	۱۰٫۴۴	۸٫۳۱	NA	۸٫۸۷	۸٫۸۶	۱۰٫۲

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

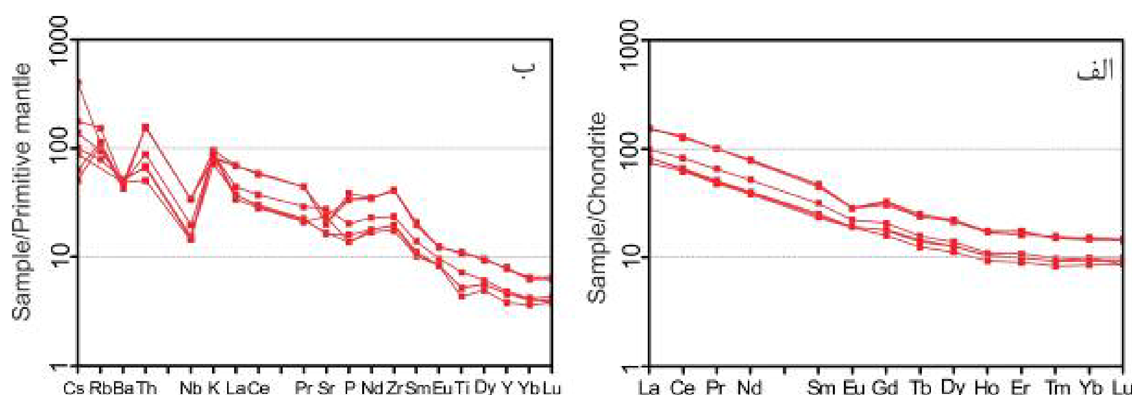
مقدار SiO_2 توده‌های نفوذی منطقه مورد بررسی از ۵۶٫۴۲ تا ۵۸٫۹۷، مقدار K_2O از ۲٫۱۶ تا ۲٫۸۹ و مقدار Na_2O از ۴٫۴ تا ۶ درصد وزنی متغیر است. ترسیم نمونه‌های نفوذی در نمودار ارائه شده در مرجع [۱۳] نشان می‌دهد که نمونه‌ها در گستره مونزونیت قرار دارند (شکل ۷ الف). براساس نمودار ارائه شده در مرجع [۱۴]، این توده‌ها مربوط به سری ماگمایی آهکی-قلیایی غنی از پتاسیم هستند (شکل ۷ ب). همچنین مقدار مولی $Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O$ نمونه‌ها از ۰٫۶ تا ۰٫۸ و مقدار مولی $Al_2O_3/\ Na_2O+K_2O$ از ۱ تا ۱٫۵ متغیر است که براساس نمودار ارائه شده در مرجع [۱۵]، توده‌های نفوذی ماهیت متاآلومین دارند (شکل ۷ پ). برپایه رده‌بندی مرجع [۱۶] توده‌های گرانیتوئیدی نوع I دارای مقادیر A/CNK کمتر از ۱٫۱ و گرانیتوئیدهای نوع S دارای A/CNK بیش از ۱٫۱ هستند. دایک‌های مونزودیوریتی حاتم‌آباد از این نظر نیز در گستره گرانیتوئیدهای I (سری اکسیدان) قرار می‌گیرند.

عناصر خاکی نادر در مقایسه با سایر عناصر به نسبت کمتری در معرض هوازدگی و دگرسانی‌های گرمابی قرار می‌گیرند. بنابراین الگوی فراوانی آنها می‌تواند دربردارنده نشانه‌هایی از خاستگاه آذرین سنگ‌ها باشد [۱۷]. نمودار مرجع [۱۸]، یک غنی‌شدگی نسبی در عناصر خاکی نادر سبک (LREE) نسبت به عناصر خاکی نادر سنگین (HREE) را نشان می‌دهد و البته HREE یک روند مسطح نیز دارند (شکل ۸ الف). این غنی‌شدگی LREE نسبت به HREE بیانگر ماگمای تشکیل شده در پهنه‌ی فروранش است [۱۹]. الگوی عناصر REE و پایین بودن نسبت $(La/Yb)_N$ (بین ۸٫۳۱ تا ۱۰٫۴۴) در همه نمونه‌ها، تشکیل ماگما در عمق کمتر از گستره‌ی پایداری گارنت و یا کم بودن مقدار این کانی در ناحیه خاستگاه را اثبات می‌کند. عنصر Eu در همه نمونه‌ها ناهنجاری منفی نشان می‌دهد بطوریکه مقدار Eu/Eu* بین ۰٫۷۳ تا ۰٫۹۹ است (جدول ۲ و شکل ۸ الف). تهی‌شدگی نسبی Eu گویای وجود پلاژیوکلاز در ناحیه خاستگاه است. این امر با نسبت کم Sr/Y در نمونه‌ها (بین ۱۱٫۶۹ تا ۲۸٫۶۴) همخوانی دارد.



شکل۷ الف) موقعیت توده‌های نفوذی منطقه حاتم‌آباد در نمودار نامگذاری میدلموست (۱۹۸۵)، ب) نمودار K_2O نسبت به SiO_2 [۱۴] و پ) نمودار A/CNK – A/NK [۱۵].

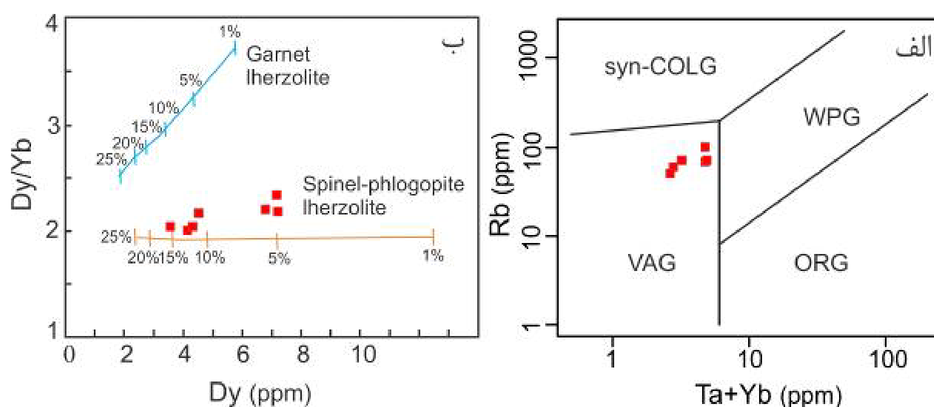
[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]



شکل۸ نمودار برخی عناصر فرعی و خاکی نادر توده‌های نفوذی مونزودیوریتی منطقه حاتم‌آباد بهنجار شده. الف) نسبت به کندریت (مقادیر اولیه کندریت از [۱۸]) و ب) نسبت به گوشته اولیه (مقادیر اولیه گوشته اولیه از [۱۷]).

عناصر سنگ‌دوست بزرگ یون یا LILE (K, Rb, Ba, Cs) عناصری ناسازگار و متحرکند، در حالیکه عناصر با شدت بالا یا HFSE (Y، Ti، Ta، Nb، Zr) و برخی از عناصر دگرگونه در شرایط دگرگونی و دگرسانی، عناصری سازگار و تقریبا نامتحرکند. غلظت عناصر LILE از فاز شاری پیروی می‌کند ولی غلظت عناصر HFSE تابعی از شیمی سنگ خاستگاه و فرآیندهای ذوب- تبلور است [۲۰]. در نمودار دایک‌های مونزودیوریتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه، غنی‌شدگی عناصر LILE و عناصر ناسازگاری مانند Th نسبت به عناصر HFSE در همه نمونه‌ها دیده می‌شود (شکل ۸ ب). غنی‌شدگی در عناصر LILE نسبت به عناصر HFSE نشان-دهنده مذاب مرتبط با زون فرورانش است [۱۹، ۲۱-۲۳].

در نمودار مرجع [۲۴]، با توجه به اینکه مقدار Yb که از ۱٫۷۸ تا ۲٫۰۶ گرم در تن، مقدار Ta از ۰٫۷ تا ۱٫۷ گرم در تن و مقدار Rb که از ۵۰٫۲ تا ۹۸٫۲ گرم‌درتن متغیر است، موقعیت زمین‌ساختی تشکیل دایک‌های مونزودیوریتی، کمربندهای آتشفشانی پهنه فرورانش (VAG) است (شکل ۹ الف). همچنین عمق، ترکیب شیمیایی و درجه ذوب‌بخشی گوشته می‌تواند بوسیله عناصر خاکی نادر و نسبت‌های آنها (مثلا La/Yb، Sm/Yb یا Dy/Yb) مشخص شود. برای مثال نسبت Dy/Yb در ماگمای مشتق از گارنت لرزولیت بیش از ۲٫۵ است، در حالیکه این مقدار برای ماگماهای مشتق از اسپینل لرزولیت کمتر از ۲ است [۲۶،۲۵]. مقدار Dy در دایک‌ها بین ۳٫۶۳ تا ۷٫۱۷ گرم در تن و نسبت Dy/Yb بین ۱٫۹۸ تا ۲٫۳۳ متغیر است (جدول ۲). در نمودار Dy/Yb نسبت به Dy [۲۷]، ذوب‌بخشی ۵ تا ۱۵ درصد اسپینل لرزولیت باعث تولید ماگمای آهکی-قلیایی منطقه حاتم‌آباد شده است (شکل ۹ ب). این موضوع با الگوی عناصر خاکی-نادر، مقدار نسبت $(La/Yb)_N$ و تهی‌شدگی نسبی Eu همخوانی دارد.



شکل۹ الف) موقعیت توده‌های نفوذی منطقه حاتم‌آباد در نمودار موقعیت زمین‌ساختی [۲۴]. همه نمونه‌ها در گستره گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی رسم شده‌اند. VAG = گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی. WPG=گرانیتوئیدهای درون صفحه‌ای، ORG=گرانیتوئیدهای پشته میان اقیانوسی، sys-COLG = گرانیتوئیدهای همزمان با برخورد قاره. ب) نمودار Dy/Yb نسبت به Dy [۲۷] برای تعیین خاستگاه دایک‌ها.

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

برداشت

فعالیت ماگمایی ترشیاری پهنه لوت نتیجه بسته‌شدن بخشی از اقیانوس نئوتتیس و فرورانش پهنه افغان به زیر پهنه لوت است که منجر به تشکیل انواع مختلف کانی‌سازی مختلف شده و شرق ایران را تبدیل به یک ایالت فلززایی مهم کرده است. رخداد کانی‌زایی مس حاتم آباد یکی از چندین نهشته و کانی-سازی مس در پهنه لوت است که نتیجه همین فعالیت‌های ماگمایی ترشیاری است. کنترل ساختاری کانی‌سازی و حضور بافت رگه-رگچه، ماهیت سنگ میزبان، حضور دگرسانی سیلیسی و کربناتی، کانی‌شناسی ساده و نوع کانه‌های اولیه و ثانویه و ناهنجاری زمین‌شیمیایی مس نشان می‌دهد که کانی-سازی از نوع مس فراگرمایی است.

دایک‌های مونزودیوریتی منطقه حاتم‌آباد که ماهیت آهکی قلیایی پتاسیم بالا و متآلومین دارند، فراورده فرورانش کرانه قاره شرق ایران هستند و از ذوب‌بخشی (۵ تا ۱۵ درصد) گوه گوشته‌ای (اسپینل لرزولیت) دگرنهاد شده در اثر سیال‌های آزاد شده از پوسته اقیانوسی فرورونده تشکیل شده‌اند. در نگاه نخست به نظر می‌رسد که شاید نفوذ این دایک‌ها به داخل سنگ‌های آتشفشانی منجر به تشکیل کانی‌سازی و دگرسانی شده باشد، اما از آنجاکه آثار کانی‌سازی داخل دایک‌ها دیده نمی‌شود و خود نیز دچار دگرسانی پروپلیتی شده‌اند، مشخص می‌شود که آنها نقشی در کانی‌سازی منطقه نداشته‌اند. به احتمال زیاد توده‌های نفوذی نیمه عمیق دیگری در عمق مسؤول دگرسانی و کانه‌زایی در منطقه حاتم‌آباد هستند. مشابه این نوع کانی‌سازی رگه‌ای مس در منطقه کولی در شمال- شمال شرق منطقه حاتم‌آباد دیده شده است. این احتمال وجود دارد که این کانی‌سازی‌ها به یکدیگر ارتباط داشته و از یک خاستگاه گرمابی باشند. پیشنهاد می‌شود که منطقه شمال شرق قائن از نظر اکتشاف مس به تفصیل مورد بررسی زیرسطحی قرار گیرد.

قدردانی

این پروژه در ارتباط با طرح پژوهشی شماره ۳۷۹۰۹/۳ مورخ ۱۳۹۴/۵/۲۵ دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است. از شرکت معدنی درکاو به علت همکاری‌های لازم و در اختیار قرار دادن نتایج بررسی‌های پیشین سپاسگزاریم.

مراجع

[1] Malekzadeh Shafaroudi A., Karimpour M.H., Esfandiarpour A., *"Petrography and petrogenesis of intrusive rocks of Northeastern Nayband, Eastern Iran"*, Journal of Petrology, 16 (4) (2015) 201-211.

[2] Malekzadeh Shafaroudi A., Karimpour M.H., "*Mineralogic, fluid inclusion, and sulfur isotope evidence for the genesis of Sechangi lead–zinc (–copper) deposit, Eastern Iran*", Journal of African Earth Sciences107 (2015) 1-14.

[3] Karimpour M.H., Khin Zaw., Huston D.L., "*S-C-O isotopes, fluid inclusion microthermometry, and the genesis of ore bearing fluids at Qaleh-Zari Fe-Oxide Cu-Au-Ag Mine, Iran*",Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 16 (2005) 153-168.

[4] Malekzadeh Shafaroudi A., Karimpour M.H., *"Hydrotherml alteration mapping in northern Khur, Iran, using ASTER image processing: a new insight to the type of copper mineralization in the area, Acta Geologica Sinica*", (2013) 830-842.

[5] Mirzaei Rayeni A., Ahmadi A., Mirnejad H., *"Mineraology and fluid inclusion studies in Mahour copper deposit, east of Lut block, Central Iran"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, 20 (2) (2012) 307-318.

[6] Mehrabi B., Tale Fazel E., Nokhbatolfoghahai A., Disseminated, *"veinlet and vein Pb-Zn, Cu and Sb polymetallic mineralization in the GaleChah-Shurab mining district, Iranian East magmatic Assemblage (IEMA)"*, Journal of Economic Geology, 3(1) (2008) 61-77.

[7] Hamooni S.J., Karimpour M.H., Malekzadeh Shafaroudi A., Hajimirzajan H., *"Geology, mineralization, geochemistry, and petrology of intrusive rocks of Rud-Gaz prospect area"*, Journal of Petrology, 15 (4) (2014) 77-96.

[8] Malekzadeh Shafaroudi A., Karimpour A., *"Geology, mineralization, and fluid inclusion studies of Howz-e-Rais Pb-Zn-Cu deposit, Eastern Iran"*, Journal of Advanced Applied Geology, 6 (2013) 63-73.

[9] Karimpour M.H., Malekzadeh Shafaroudfi A., Farmer G.L., Stern C.R., *"Petrogenesis of granitoids, U-Pb zircon geochronology, Sr-Nd isotopic characteristics, and important*

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]

[20] Maniar P. D., Piccoli P. M., *"Tectonic discrimination of granitoids. Geological Society of America Bulletin"*101(1989) 635-643.
[21] Gill J. B., *"Orogenic andesites and plate tectonics",* Springer, New York (1981).
[22] Pearce J. A., *"Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins",* In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds.), Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, Nantwich (1983) 230-249.
[23] Rollinson H., *"Using geochemical data, evaluation, presentation, interpretation"*, Harlow, Longman, London (1993).
[24] Pearce J. A., Harris, N. W., Tindle, A. G., *"Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks"*, Journal of Petrology 25 (1984) 956-983.
[25] Duggen S., Hoernle K., Van Den Bogaard P., Garbe-Schönberg D., *"Post-collisional transition from subduction- to intraplate-type magmatism in the westernmost Mediterranean: evidence for continental-edge delamination of subcontinental lithosphere",* Journal of Petrology 46 (2005) 1155–1201.
[26] Jiang Y.H., Jiang S.Y., Dai B.Z., Liao S.Y., Zhao K.D., Ling H.F., *"Middle to late Jurassic felsic and mafic magmatism in southern Hunan province, southeast China: implications for a continental arc to rifting",* Lithos 107 (2009) 185–204.
[27] Arslan M., Temizel T., Abdioglu E., Kolayli H., Yucel C., Boztu D., Sen C., *"40Ar–39Ar dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb isotope geochemistry of postcollisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin",* Contributions to Mineralogy and Petrology 166 (2013) 113–142.
occurrence of Tertiary mineralization within the Lut Block, eastern Iran", Journal of Economic Geology, 4(1) (2012) 1-27.
[10] Dorkav mining company, *"Preliminary report of Hatamabad prospect area"*, (2014) 96 p.
[11] Ghaemi F., *"Geologic map of Nodeh"*, scale 1:100000, Geological Survey of Iran (2000).
[12] Whitney D. L., Evans B. W., *"Abbreviations for names of rock-forming minerals*", American Mineralogist 95 (2010) 185–187.
[13] Middlemost Eric A. K., *"Magmas and magmatic rocks"*, Longman Pub, Company (1985) 221-226.
[14] Peccerillo A., Taylor S. R.*," Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey",* Contributions to Mineralogy and Petrology 58 (1976) 63–81.
[15] Shand S. J., *"Eruptive rocks, Their genesis, composition, classification and their relation to oredeposits",* 3rd edition, Hafner, New York (1947).
[16] Chappell B.W., White A.J.R., *"Two contrasting granite types, 25 years later*", Australian Journal of Earth Sciences 48 (2001) 489–500.
[17] Sun S. S., McDonough W. F., "*Chemical and isotopy systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, In: Magmatism in the Ocean, Basins*", (Eds. Saunders, A. D. and Norry, M. J.) special publications Geological Society, London 42 (1989) 313-345.
[18] Boynton W. V.*,"Cosmochemistry of the rare earth elements, Meteorite studies, Rare earth element geochemistry (Ed. Henderson, P) Elsevier",* Amsterdam (1985) 115-1522.
[19] Wilson M., *"Igneous petrogenesis"*, Uniwin Hyman, London (1989).

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.409]